

## การทดลองที่ 12

### เรื่อง ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดา

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

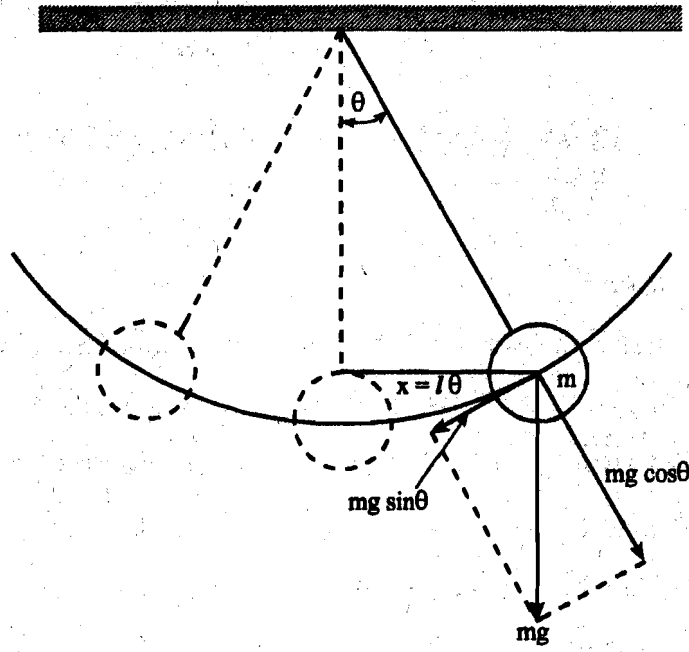
1. แสดงการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกโดยใช้ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาได้
2. หาคาบเวลาการแกว่งครบรอบของลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาได้
3. หาคาบความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ( $g$ ) โดยใช้ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาได้

#### เครื่องใช้ในการทดลอง

1. ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดา
2. นาฬิกาจับเวลา
3. ไม้บรรทัด
4. ไม้โปรแทรกเตอร์

#### ทฤษฎี

ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาประกอบด้วยวัตถุทรงกลมตันผูกติดกับเชือกที่ไม่ยืดไม่หด และต้องถือได้ว่ามวลทั้งหมดอยู่ที่จุดกึ่งกลางของวัตถุ(ทรงกลมตัน)โดยที่วัตถุจะต้องมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับความยาวของเชือกแขวนลูกตุ้ม



รูป 12.1 แสดงแรงที่กระทำต่อลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาเมื่อลูกตุ้มแกว่ง

จากรูป  $m$  เป็นมวลของวัตถุโดยแขวนติดกับเชือกยาว  $l$  ที่มีมวล  $m$  เราจะเห็นได้ว่ามีแรงเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลกมากระทำต่อวัตถุซึ่งมีค่าเท่ากับ  $mg$  เราสามารถแตกแรง  $mg$  ออกเป็น 2 แนว คือแรงในแนวเส้นเชือก  $l$  (หรือ แนวรัศมีของวงกลม) มีค่าเท่ากับ  $mg \cos \theta$  กับแรงในแนวเส้นสัมผัสกับส่วนโค้งของวงกลมซึ่งมีค่าเท่ากับ  $mg \sin \theta$  แรง  $mg \sin \theta$  คือแรงนำกลับ (restoring force) ซึ่งเป็นแรงที่นำมวล  $m$  กลับสู่ตำแหน่งสมดุล เราจะได้ว่า

$$F = -mg \sin \theta \tag{12.1}$$

ถ้า  $\theta$  เป็นมุมเล็กๆ ไม่เกิน 3 องศา และมีหน่วยเป็นเรเดียนจะได้ว่า  $\sin \theta \approx \theta$

ดังนั้น  $F = -mg \theta = -mg \frac{x}{l}$  (12.2)

จากกฎของฮุกในเรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกบทที่ 8

$$F = -kx \tag{12.3}$$

เปรียบเทียบสมการที่ 12.2 และ 12.3 จะได้

$$k = \frac{mg}{l}$$

จากเรื่องการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก คาบเวลาในการแกว่งครบรอบ,  $T$  มีสูตร

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

แทนค่า  $k = \frac{mg}{l}$  ลงในสมการข้างบนจะได้

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (12.4)$$

สมการที่ 12.4 จะใช้ได้เฉพาะมุม  $\theta$  หรือค่าแอมพลิจูดของการแกว่งมีค่าน้อยๆ (ไม่เกิน  $3^\circ$ ) เท่านั้น และเรียกการเคลื่อนที่ตามเงื่อนไขนี้ว่าเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก เราจะเห็นว่าคาบเวลาของการแกว่งครบรอบ ( $T$ ) ไม่แปรผันกับค่ามวลของลูกตุ้ม แต่ค่า  $T$  จะแปรผันโดยตรงกับรากที่สองของความยาวเชือกที่แขวนลูกตุ้ม ( $\sqrt{l}$ )

ถ้ามุม  $\theta$  มีค่ามากสมการที่ 12.4 จะเป็นดังนี้

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \left[ 1 - \frac{1}{3}\left(\frac{\theta}{2}\right)^2 + \frac{2}{15}\left(\frac{\theta}{2}\right)^4 + \dots \right]^{\frac{1}{2}} \quad (12.5)$$

จากสมการที่ 12.4 ยกกำลังสองทั้งสองข้าง จะได้

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{l}{g}$$

$$\therefore g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2} \quad (12.6)$$

จากสมการที่ 12.6 เราสามารถหาค่า  $g$  ได้ เมื่อทราบความยาวของเชือกที่แขวนลูกตุ้ม และคาบเวลาของการแกว่งครบรอบของลูกตุ้ม

## วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $T$  กับค่า  $\theta$  หรือค่าแอมพลิจูด

1. จัดเตรียมชุดทดลองซึ่งมีลูกตุ้มที่เป็นโลหะและไม้อย่างละ 1 ลูก
2. วัดระยะแขวนลูกตุ้มจากจุดแขวนถึงจุดกึ่งกลางของลูกตุ้ม และแอมพลิจูดของการแกว่งตามตารางในบันทึกผลการทดลอง
3. จับเวลาการแกว่งครบ 30 รอบ บันทึกผลในตาราง(แต่ละรายการ ทำ 2 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย)
4. คำนวณหาคาบเวลาของการแกว่งเฉลี่ย 1 รอบ

5. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบเวลาของการแกว่งครบรอบกับค่า  $\theta$  หรือ ค่าแอมพลิจูดของลูกตุ้มไม้และโลหะโดยใช้กระดาษกราฟร่วมกัน

ตอนที่ 2 หาค่า  $g$

1. ทำเช่นเดียวกับตอนที่ 1 (โดยใช้ลูกตุ้มที่เป็นโลหะเพียงลูกเดียว)
2. ทำเช่นเดียวกับตอนที่ 1
3. ทำเช่นเดียวกับตอนที่ 1
4. ทำเช่นเดียวกับตอนที่ 1 และหาค่า  $T^2$
5. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบเวลาของการแกว่งครบรอบกับความยาวของแขนลูกตุ้ม
6. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคาบเวลาของการแกว่งยกกำลังสอง ( $T^2$ ) กับค่าความยาวของแขนลูกตุ้ม ( $l$ ) โดยให้แกน  $x$  แทนค่า  $T^2$  และแกน  $y$  แทนค่า  $l$  เสร็จแล้วหาค่า  $g$

### สรุปประเด็นสำคัญ

การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาเป็นไปตามกฎของฮุก และเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก เฉพาะเมื่อมุม หรือค่าแอมพลิจูดของการแกว่งมีค่าน้อยมากเท่านั้น

กิจกรรมการเรียนรู้

บันทึกผลการทดลองในตารางและสร้างกราฟให้ถูกต้องและชัดเจน

## แบบทดสอบการทดลองที่ 12

1. ลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาจะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์อะไร
  1. วัตถุขนาดเล็กแขวนปลายเชือกเส้นใด
  2. วัตถุขนาดต่างๆ แขวนปลายยางยืด
  3. วัตถุขนาดเล็กแขวนปลายเส้นด้ายไม่ยืดหยุ่น
  4. วัตถุขนาดใหญ่แขวนปลายลวดสปริง
2. ขนาดของวัตถุในข้อ 1. มีความสัมพันธ์กับความยาวของสายแขวนอย่างไร
  1. โดดเดี่ยวกัน
  2. ใหญ่กว่ามาก
  3. เล็กกว่ามาก
  4. ไม่จำกัดขนาด
3. จุดศูนย์กลางของความโน้มถ่วงสำหรับระบบลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาควรอยู่ที่ใด
  1. กึ่งกลางวัตถุ
  2. กึ่งกลางสายแขวน
  3. ระหว่างข้อ 1. และ 2.
  4. ค่อนไปทางวัตถุ
4. การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกหรือไม่
  1. เป็นเมื่อมุมแกว่งน้อย
  2. เป็นเมื่อมุมแกว่งมาก
  3. เป็นในทุกกรณี
  4. ไม่เป็นทุกกรณี
5. ขนาดของมวลวัตถุมีผลต่อคาบของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาอย่างไร
  1. มวลมากทำให้คาบยาว
  2. มวลน้อยทำให้คาบยาว
  3. มวลไม่มีผลต่อคาบ
  4. มีผลเมื่อเล็กมาก
6. ความยาวของสายแขวนมีความสัมพันธ์กับปริมาณใด
  1. ความถี่
  2. คาบของการแกว่ง
  3. อัตราเร็ว
  4. ถูกทุกข้อ
7. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาแกว่งครบรอบ(คาบ) กับแอมพลิจูดมีลักษณะใด
  1. เส้นตรง
  2. เส้นโค้งคดไป-มา
  3. พาราโบลา
  4. ไฮเพอร์โบลา
8. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาแกว่งครบรอบ(คาบ) กับความยาวของแขนลูกตุ้มมีลักษณะใด
  1. เส้นตรง
  2. เส้นโค้งคดไป-มา
  3. พาราโบลา
  4. ไฮเพอร์โบลา
9. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคาบกำลังสอง(คาบ)<sup>2</sup> กับความยาวของแขนลูกตุ้มมีลักษณะใด
  1. เส้นตรง
  2. เส้นโค้งคดไป-มา
  3. พาราโบลา
  4. ไฮเพอร์โบลา
10. โดยอาศัยกราฟในข้อ 9. จะหาปริมาณใดในทางฟิสิกส์ได้โดยตรง
  1. อัตราเร็วของลูกตุ้ม
  2. อัตราเร่งของลูกตุ้ม
  3. มวลของลูกตุ้ม
  4. อัตราเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก

**แนวตอบ**

- |             |             |             |             |              |
|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <b>1. 3</b> | <b>2. 3</b> | <b>3. 1</b> | <b>4. 1</b> | <b>5. 3</b>  |
| <b>6. 4</b> | <b>7. 2</b> | <b>8. 3</b> | <b>9. 1</b> | <b>10. 4</b> |

**บันทึกผลการทดลอง**  
**เรื่อง ถูกค้อนนาฬิกาชนิดธรรมดา**

ผู้รายงาน ชื่อ..... เลขรหัส.....  
 ผู้ร่วมรายงาน 1. ชื่อ..... เลขรหัส.....  
 2. ชื่อ..... เลขรหัส.....  
 3. ชื่อ..... เลขรหัส.....  
 4. ชื่อ..... เลขรหัส.....  
 ทำการทดลองวันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .... Section ..... กลุ่ม.....

อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการ \_\_\_\_\_

**ตอนที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง T กับ  $\theta$  หรือแอมพลิจูด**

ชนิด ถูกค้อน	ความยาว l (ซม.)	แอมพลิจูด $\theta$ (องศา)	เวลาการแกว่งครบ 30 รอบ (วินาที)			คาบเวลาการ แกว่งครบรอบ (วินาที/รอบ)
			1	2	เฉลี่ย	
ไม้	80	3				
ไม้	80	5				
ไม้	80	10				
ไม้	80	15				
โลหะ	80	3				
โลหะ	80	5				
โลหะ	80	10				
โลหะ	80	15				

**ตอนที่ 2 หาค่า g**

ชนิด ลูกตุ้ม	ความยาว $l$ (ซม.)	แอมพลิจูด $\theta$ (องศา)	เวลาการแกว่งครบ 30 รอบ (วินาที)			คาบเวลาการ แกว่งครบรอบ T (วินาที/รอบ)	$T^2$
			1	2	เฉลี่ย		
ไม้	60	3					
โลหะ	80	3					
โลหะ	100	3					
โลหะ	120	3					
โลหะ	140	3					

.....  
**อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการ**

**ตัวอย่างการคำนวณ**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**ตอบคำถาม**

1. จากกราฟระหว่างค่า  $T^2$  กับค่า  $l$  จงหาค่า  $g$  แล้วเปรียบเทียบกับค่า  $g$  ที่ถูกต้อง

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2. จงให้เหตุผลว่าทำไมการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาชนิดธรรมดาจึงเป็นการเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

สรุปผลการทดลองตอนที่ 1. และตอนที่ 2.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....